Forest Fire

Context for the Canadian Forest Service's Science Program

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Canada

101-03214/

Forest Fire

Context for the Canadian Forest Service's Science Program

Science Program Context Paper
Published by
Science Branch
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
Ottawa, 2001

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2001
ISBN 0-662-65537-0
Cat. No. Fo42-317/2001

Copies of this publication may be obtained free of charge from:
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Ottawa, Ontario K1A 0E4
Phone: (613) 947-7341

A microfiche edition or photocopies of this publication may be purchased from:
Micromedia Ltd.
240 Catherine St., Suite 305
Ottawa, Ontario K2P 2G8
Phone: (613) 237-4250
1-800-567-1914

Editing and Production: Catherine Carmody
Design and Layout: Danielle Monette

National Library of Canada cataloguing in publication data

Canadian Forest Service. Science Branch

Forest fire : context for the Canadian Forest Service's Science Program

(Science Program context paper)
Text in English and French on inverted pages.
Title on added t.p.: Les feux de forêt.
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-65537-0
Cat. No. Fo42-317/2001

1. Forest fires—Government policy—Canada.
2. Forest fires—Canada—Prevention and control.
3. Forest protection—Government policy—Canada.
4. Forest policy—Canada.
I. Title.
II. Title: Les feux de forêt.
III. Series.

SD420.73C32 2001 634.9'618'0971 C2001-980073-8E

Photograph Credits

Cover, page 1, crown fire; **page 6,** water bomber; photos courtesy of the Northern Forestry Centre, CFS, Edmonton, Alta.

Pages 3 and 9, burned black spruce stand; **page 4,** aspen regeneration; photos courtesy of Ian Campbell.

Printed on recycled paper

PRINTED IN CANADA

Printed on alkaline permanent paper

4 **Introduction**

4 **What Is Forest Fire?**

5 Fire Starts and Prevention

6 Fire Behavior and Control

7 Fire, Climate Change, and Vegetation

8 **Why Is Forest Fire Information Needed?**

8 Fire and Biodiversity

9 Fire and Sustainable Forest Management

9 Fire and Climate Change

10 **Emerging Issues**

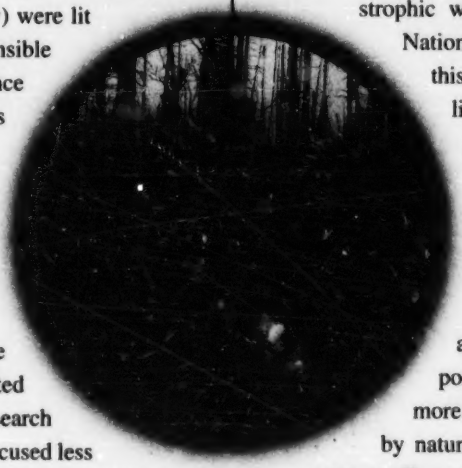
12 **Notes**

12 **References**

Introduction

Forest fire is a major ecological agent in Canada's forests. Fire can be thought of as a force for renewal in the forest; it can also place people's lives and property at risk. It may be viewed as a natural and therefore desirable process, or it may be thought of as a destroyer of forest resources. These competing views of the role of fire in Canada's forests result from the different values placed on various aspects of the forest: whether it is seen as simply a source of economically valuable fiber, or whether it is seen as an integral part of the earth's life-support system.

The earliest written observations of Canada's landscape include mention of forest fire; some early explorers even suggested autumn fires in the boreal forest, which they presumed (incorrectly) were lit by the Algonquians, were responsible for warm days in October and hence the name Indian Summer (Thwaites 1836–1901). Sir John A. Macdonald recognized fire protection as a major concern as early as 1871. Fire fighting was one of the primary functions of the Canadian Forest Service (CFS) and its predecessors from the very start (Johnstone 1991). As the CFS gradually shifted its emphasis from operations to research during the period 1920–1950, it focused less on prevention and suppression and more on other aspects of fire.



This paper, the fourth in a series of papers intended to provide the context for CFS research programs, examines the issues surrounding fire management and research and explains why the CFS, along with numerous partners, invests in research relating to forest fire prediction, monitoring, management, modeling, and ecology.

What Is Forest Fire?

How forest fire is viewed depends greatly on how the forest is valued. From an industrial perspective forest fire consumes valuable timber and may threaten expensive installations such as mills and lumber yards. Environmental perspectives range from forest fire endangers sensitive old-growth forest habitat to forest fire maintains forest-opening habitats. From tourism and recreational perspectives, forest fire forces the closing of tourist areas and damages viewsheds, or forest fire improves habitat for game animals. Rural landowners may view forest fire as a threat to property or even life.

Fire is a natural part of the ecosystem in Canada's forests, but it is also strongly affected by human activities. Natural fire return intervals[1] vary from less than 10 years in parts of the grasslands region to perhaps several thousand years in the forest tundra of northeastern Quebec and Labrador (Johnson 1992).

Although scientists have long known fire to be an important part of the natural ecology, it was the catastrophic wildfires of 1988 in Yellowstone National Park in Wyoming that brought this home to the North American public. Fire suppression practices in the park over the years had resulted in a massive fuel build-up, which was largely responsible for the magnitude of the fires. Until the 1980s, many people felt that forest fire was uniformly bad for the forest and should be suppressed wherever possible. The general public is now more aware of the complex roles played by natural wildfire[2] and more willing to support efforts to better understand not only forest fire activity and impacts, but also the effects of fire suppression on forest health. An enlightened approach recognizes the economic and ecological costs and benefits of forest fire, while acknowledging the longer-term ecological costs of excessive fire suppression. Many land managers are seeking optimal ways to manage fire rather than to simply suppress it.

Fire management requires an understanding of how fires start and how they can be prevented; how fires behave and how they can be extinguished or suppressed; the impact and possible uses of fire on the landscape; the relationships between fire, climate change, and vegetation (for longer-term planning); and the various socioeconomic aspects of forest fire.

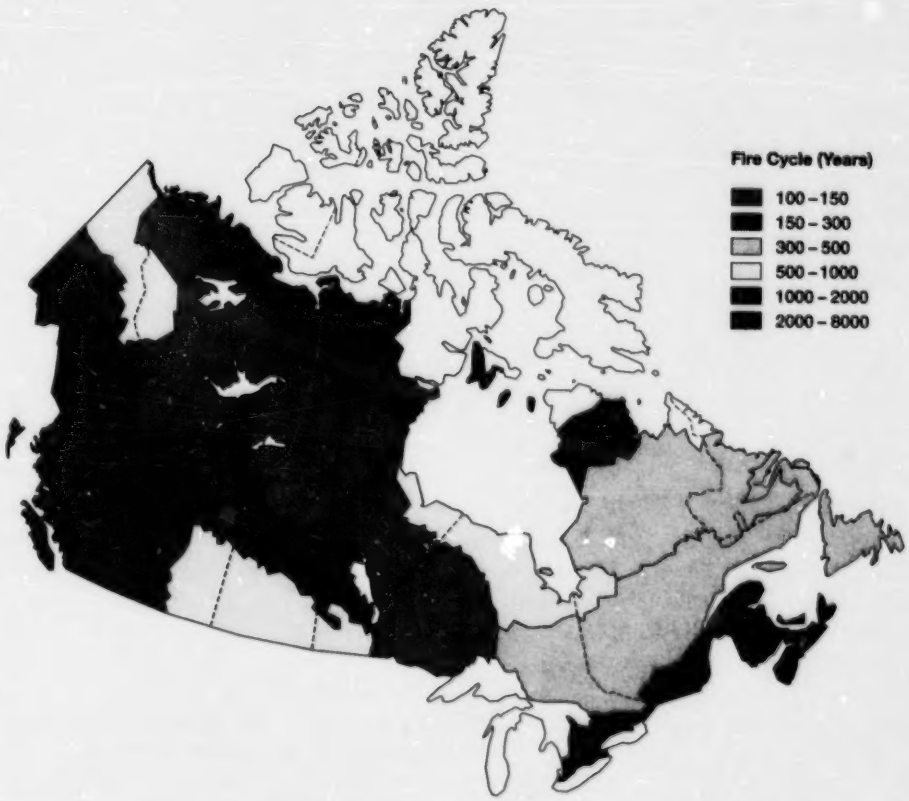
Fire management: **The activities concerned with the protection of people, property, and forest areas from wildfire and the use of prescribed burning for the attainment of forest management and other land use objectives, all conducted in a manner that considers environmental, social, and economic criteria.**

Glossary of Forest Fire Management Terms (CIFFC 2000)

Fire Starts and Prevention

Fires start from a variety of causes; which causes are the most important varies across Canada and also from year to year. In Canada, about 60% of fires originate from human activities (Higgins and Ramsey 1992): burning garbage, campfires, discarded cigarettes, sparks from train–rail friction, or arson. Most human-caused fires occur near populated areas, often along roadways. When they occur in populated areas, with early detection and good access, they are often extinguished while still

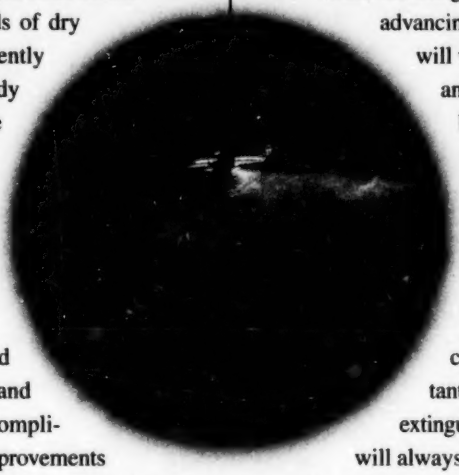
Forest Fire Cycle by Ecozone



Forest fire cycles (see note 1) vary across Canada, with fire being very rare in coastal British Columbia, and very common in the boreal forest. Fire cycles also vary within each ecozone: the central boreal region, for example, is shown here to have an average fire cycle of 100–150 years, but many areas burn at intervals of 10 years or less, while others may have burned only very rarely over the last several thousand years. Based on 1959–1995 area-burned statistics for fires greater than 200 ha. (Source: B. Stocks, Great Lakes Forestry Centre, Canadian Forest Service, Sault Ste. Marie, Ont., personal communication.)

very small. A special type of human-caused fire is the prescribed burn. These small (usually less than100 ha) controlled burns are mainly used for fuels and habitat management. [3]

The remaining 40% of fires are started naturally, mainly by lightning. Often occurring in more remote areas and during extended periods of dry weather, lightning fires are frequently not detected until they have already grown to a significant size. By the time control personnel and equipment can be brought to a remote location, these fires may have grown beyond easy suppression. Moreover, it is not unusual for a single lightning storm to ignite several dozen fires over several hundred square kilometres; this temporal and spatial clustering of fires further complicates the fire suppression effort. Improvements in lightning detection networks and in road access are resulting in better response times to such fires, and in many parts of Canada, they may not be any larger than human-caused fires.



Although we can do little to prevent natural fire occurrence, we can, to some degree, predict it and respond with personnel and equipment where and when it is needed. Through fuels management, we can reduce the likelihood of human-caused and natural fires growing out of control. In addition, we can regulate how people burn trash and conduct other activities that cause fires and ensure that the landscaping around our homes and communities does not place our buildings and lives at risk from fire (Partners in Protection1999).

Fire Behavior and Control

Not all fires are created equal. While some fires may burn only a few square metres before they go out, others may consume thousands of hectares before a heavy rainfall extinguishes them. The difference between these two extremes may be a simple matter of the continuity of the fuel on the ground, or it may be a complex of factors including long-term drought and high winds combined with a high degree of fuel continuity and the availability of "ladder fuels" capable of carrying fire from the forest floor to the canopy. [4]

Fire control is accomplished through a combination of water and fire-retardant applications and fuels management, including cutting a firebreak downwind of an advancing fire. Different control techniques will work better in different conditions, and a thorough understanding of fire behavior is needed by the person in charge of suppressing an out-of-control fire. In Canada, fire control involves air tankers, helicopters, and ground crews and makes use of the availability of the abundant surface water in most parts of the country. The initial attack is important as it is easier and less expensive to extinguish a fire while it is still small. There will always be some fires that are not brought under control by the initial attack, no matter how much money is spent on suppression (McAlpine and Hirsch 1999), but a strong initial attack can reduce the threat from wildfires.

Fuel continuity is the presence of a continuous mat of fuel on the ground or in the forest canopy. If trees are widely spaced, crown fuels will not be continuous; roads, streams, and clearings may also interrupt ground fuel continuity. Although large fires may jump significant distances, most small fires will not readily spread if fuels are discontinuous.

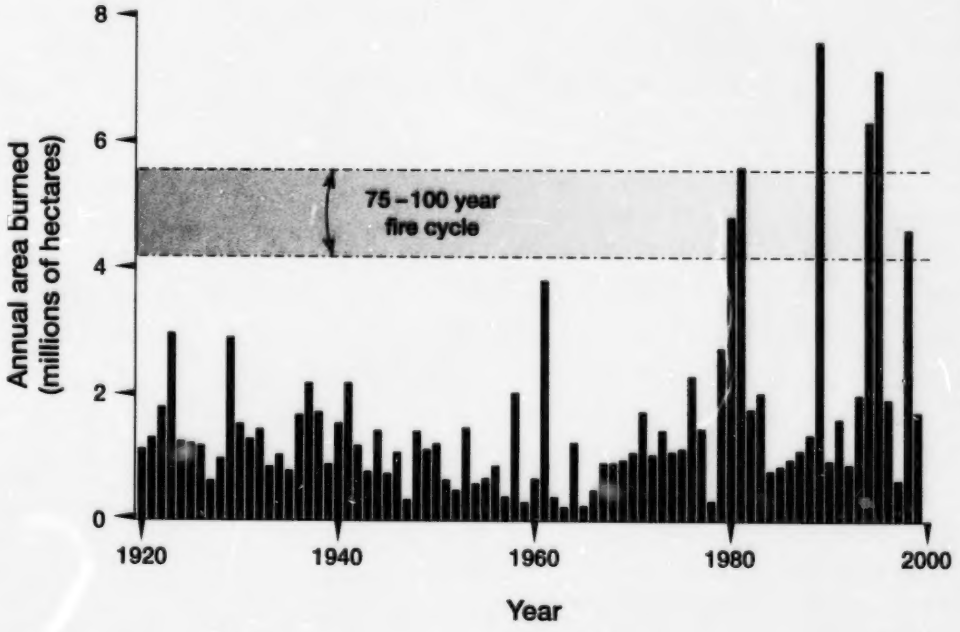
A major aspect of fire protection around homes built in the forest is the creation of a clearing around the house, and the removal of dead branches and other fuels from the forest floor surrounding the house. These actions are not a substitute for building with materials of low flammability; however, they have been shown to reduce the risk from forest fire.

Partners in Protection (1999)

Fire, Climate Change, and Vegetation

Climate change due to anthropogenic greenhouse gases is expected to cause a significant warming over the next few decades, particularly in the boreal and polar regions (IPCC 1995). In Canada, this is expected to contribute to a significant increase in forest fires and area burned, particularly in western and central Canada (Flannigan et al. 1998). Climate change thus poses two major challenges for fire research: predicting the impact of climate change and consequent vegetation changes on fire regimes; and predicting the impact of increased fire activity on vegetation, and through the carbon stored in the vegetation, on global climate. [5]

Annual Area Burned in Canada 1920–1999



The area burned appears to have declined slightly from 1920 to 1960, then increased sharply in the 1980s. This increase may be related to climate change. However, it is also partly due to better observation with the development of satellite monitoring and an expanding road and fire-tower network. As well this record is very short compared with records of fire cycles in many parts of the country.

If the recent rate of increase in fire activity continues, the average fire cycle (see note 1) for Canada may approach the 75–100-year range, similar to the age at maturity of many Canadian tree species. A reduction in the average fire cycle would affect not only the species mix that would grow in Canada's forests, but also the actual area covered by forests, as extremely short fire cycles in some areas may prevent forest regeneration. As well, the forest would become on average younger, reducing the amount of carbon stored in the forest, and further fueling climate change. (Source: Amiro et al. 2001)

Why Is Forest Fire Information Needed?

Canada is a participant in several international initiatives including the Kyoto Protocol (to the United Nations Framework Convention on Climate Change), the International Convention on Biological Diversity, and the Montreal Process (or Working Group on Criteria and Indicators for the Conservation of Sustainable Management of Temperate and Boreal Forests). These agreements commit Canada to reducing anthropogenic carbon emissions, maintaining biodiversity, and practising sustainable forest management. None of these goals can be met without a thorough understanding of the impacts of forest fire and of the effects of climate change on forest fire.

In the last few years a new paradigm has emerged: sustainable forest management through the emulation of natural disturbances. Since the boreal forest is a disturbance-mediated biome (fire, insects, diseases, windthrow, etc), harvesting, which effectively emulates natural disturbances, should have minimal ecological impact. Some aspects of harvesting, such as the shape of cutblocks and the percentage of live trees left standing within the cut area, may be made to mimic natural fires. Emulating fire, however, requires knowledge and understanding of its effects on the landscape. As well, the many ways in which harvesting cannot emulate fire, and therefore cannot be used as a substitute for it, must be understood.

Understanding the impacts of fire will also help in evaluating the economics of fire fighting, an expensive activity. Fire management activities in the future may involve allowing an individual fire to burn or to be actively suppressed depending on the predicted behavior and impact of the fire. As well, the role prescribed burns may play in fuels, timber, and habitat management needs to be understood.

Fire and Biodiversity

Fire is largely responsible for the natural mosaic of the boreal forest, and as such is integral to the preservation of existing ecological communities. The Canadian Council of Forest Ministers recognizes that biodiversity comprises species diversity, genetic diversity, and habitat diversity (CCFM 1997). By burning in different seasons, with different patch sizes and shapes, with different levels of severity, and in different fuel types, forest fire is an important variable in promoting habitat diversity (Johnson 1992).

Fire has a complex effect on biodiversity, which in many ways is not well understood. Crown fires destroy old-growth stands, which often have high biodiversity; but fires also create canopy gaps, or forest openings, areas that are even more biologically diverse. Ground fires may also be required to preserve old growth such as some ponderosa pine (*Pinus ponderosa*) forests. The impact of fire on total biodiversity is affected by factors such as fire size, fire intensity, season of occurrence, and the frequency of fire (see note 1) in an area.

Size Matters

The size of a fire is very important to its ecological impact. An area burned in a small fire can be rapidly reforested by seeds from the surrounding forest and by roots and stumps that send up new shoots.

A large burn area will be reforested more slowly. Seed must travel farther from the intact forest margin to the middle of a large burned area; therefore species with smaller, more aerodynamic seeds will likely form most of the new stand. Also, root tips from the surrounding forest will only penetrate the margins of the burned area.

Thus, a small fire may increase biodiversity by providing some variety of habitat in an otherwise uniform forest, but a large fire may reduce biodiversity by creating large tracts of essentially uniform habitat.

Furthermore, many species may be described as "edge" species: that is, they require access to both open areas and to closed forest. A large fire will generally produce fewer metres of edge per hectare burned than will a small fire, reducing edge habitat.

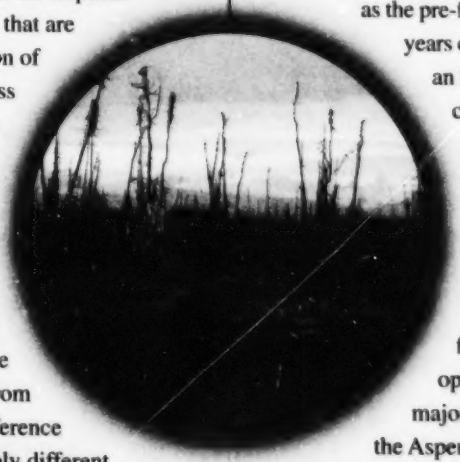
Fire also affects biodiversity by producing standing deadwood (snags) and coarse woody debris. Many birds require snags as nesting sites, and many insects need coarse woody debris as habitats. As well, many birds feed on the insects inhabiting coarse woody debris.

Prescribed fire is often used to promote habitat for large ungulates and other forest-opening animals and plants. It is also sometimes used to help fight invasive plants, which may compete with native vegetation.

Fire and Sustainable Forest Management

Fire competes with the forest industry, consuming and destroying valuable fiber. Canada's forest industry and governments invest substantially in fire suppression in the productive forest and where other values are at risk. Increasingly, however, fire is being viewed as a model for harvesting. To produce minimal impact on the forest, industry is seeking to model its harvesting pattern on natural disturbances, principally fire. To ensure that the fire pattern is emulated as closely as possible, the impacts of fire on all aspects of the landscape (on its carbon storage, timber production, habitats, and so on) must be understood.

Harvesting cannot emulate fire in all respects. It cannot leave the abundant snags that are left by fires. The natural distribution of fire sizes in Canada ranges from less than one hectare to several million hectares; no cut-block could be that large. Also, there is a strong natural variability in the total area burned from year to year; the requirement for a steady supply of pulp and lumber prevents such inter-annual variation in harvesting. Finally, the impacts of harvesting on soil—from mechanical compaction and interference in the nutrient cycle—are inevitably different from those of fire. Emulating a natural disturbance such as fire may not be achievable, but is worthwhile exploring.



However, emulating fire requires a thorough understanding of fire impacts, occurrence, and behavior. We must be able to predict the results of our actions on the fire regime and to ascertain the extent of the fire, its location, effects, and interaction with other ecological processes had we not been active in the forest. Without such understanding we shall not be able to demonstrate that our actions effectively replace natural disturbances without distorting the natural forest ecology.

In addition to studying how fire may emulate harvesting, the forest industry is starting to engage in strategic harvesting. This involves harvesting fiber from areas at risk of burning. Fire and industry remain competitors in this approach, but trees that would soon have been killed by fire are instead harvested, and fire is deprived of fuel. It is hoped that this approach may reduce the fire load on the landscape.

Fire and Climate Change

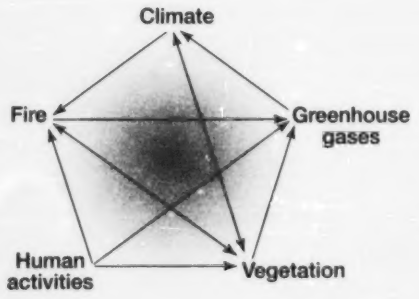
Forest fires affect the global carbon cycle, and thus the climate, in three main ways (Kasischke 2000). First, fire releases large quantities of carbon into the atmosphere through the combustion of plant material and surface soil organic matter. Second, fire-killed vegetation decomposes over time. Third, the vegetation on newly burned sites may not absorb as much carbon from the atmosphere as the decaying vegetation emits, or as much as the pre-fire vegetation absorbed, for several years or decades after a fire. Fires are thus an important part of the global carbon cycle, with increased fire frequency generally causing a net reduction in biospheric carbon storage (Kurz et al. 1995). Forest fires may also lead to replacement of one vegetation type with another. Frequent fires in some areas are responsible for creating essentially permanent openings in the forest and may be a major factor in excluding conifers from the Aspen Parkland ecoregion (Hogg 1997) and eastern white-cedar (*Thuja occidentalis*) from some sites in eastern Canada (Larocque et al. 2001). At the same time, fire may facilitate the adaptation of the forest to a climate change; by eliminating vegetation no longer optimally adapted to a changed climate, fire may

permit the development of new, better-adapted vegetation communities (Arseneault and Payette 1992).

Conversely, forest fire regimes are affected by climate change. The annual area burned in Canada will likely increase, perhaps by as much as 50% over the coming decades, in response to global warming (Flannigan and van Wagner 1991). This increase is not likely to be evenly distributed; in parts of eastern Canada, fire occurrence may decrease, while in western and central Canada, it may increase significantly. [6]

At a recent conference[7] on the global carbon cycle and the boreal forest a recurring theme was the need for a better understanding of the role of fire and other disturbances in the global carbon cycle. One of the most often cited data gaps was the annual area burned through time, and several presenters emphasized the need for consistent evaluation of fire severity and timely reporting of fire extent. A consensus emerged that this will be best accomplished through satellite remote sensing, at least in remote areas and possibly for all of Canada, as satellite remote-sensing technology improves.

The interrelationships between fire, vegetation, climate change, other natural disturbances such as insects and disease, and human activity are extremely complex, with many feedback loops (Campbell and Flannigan 2000). These relationships must be understood for us to adequately predict future fire occurrence and its likely impact on the vegetation and carbon budget of Canada's forests—and thus on climate change and on the Canadian economy.



A simplified map of some of the complex interactions between fire, climate, vegetation, atmospheric greenhouse gases, and human activities. A given action can have multiple feedback effects through a variety of feedback loops in the system.

Emerging Issues

Fire has always been and always will be a feature of Canada's forests. Nevertheless, there is intense pressure to restrict forest fire to protect values at risk. These values range from infrastructure such as houses, mills, and hydro lines, to recreational opportunities and viewsheds, to fiber and other economic forest products. Balanced against these values will be the costs of fire prevention and suppression and the desire to maintain the ecological role of fire in the forest. Among the most pressing needs are clear answers to the following questions:

- ***Which aspects of fire can be effectively emulated by harvesting, and which cannot?***
  Fire removes mainly leaves, bark, and twigs through complete combustion; the boles of trees, the parts removed by harvesting, are often left more or less intact. Fire and harvesting also differ in their impact on soil compaction, in charcoal production, and in the size of areas they affect. Clearly, not all aspects of fire can be emulated by harvesting. We need to understand how fire and harvesting differ in their effects on the landscape to minimize the ecological impact of harvesting.

- ***Is prescribed fire a useful tool for fuel management?***
  As a result of the extreme fire season of 2000 in the United States, prescribed fire is again being promoted as a fuel management tool. In the same season, the dangers of escaped prescribed fire were dramatically illustrated in the southwestern United States. The debate over how widely prescribed fire should be used will probably never end; there will always be dangers in using fire, as well as benefits. Continued research is needed to develop prescribed fire as a safe and useful tool in fuel management.

- ***Is forest fire activity in Canada increasing in response to global warming?***
  Fire records suggest there has been a dramatic increase in annual area burned in Canada since the

1950s (Kasischke and Stocks 2000). These records, however, may not be complete. Before the advent of satellite remote sensing in the 1970s, large fires could burn undetected in parts of Canada that were distant from populated areas. Nevertheless, most researchers agree that there has been some increase in area burned over the last 50 years. Whether this increase is due to climate change or to other factors (such as increased road penetration opening new areas of the forest to anthropogenic fires starts, or buildup of fuels due to general aging of the forest) remains unresolved.

- ***What impact does forest fire have on the global carbon cycle?***
  Understanding how fire and fuels management affect the global carbon cycle will be essential in projecting Canada's net greenhouse gas emissions. With an increasing annual area burned, we may be faced with significant net losses of forest carbon.We need to know the temporal pattern of carbon emissions during and after fire to fully understand the extent and duration of these losses.

- ***What ecological role does charcoal play?***
  Fire not only kills trees and releases carbon, it also converts some portion of the wood into charcoal, which is chemically stable. Charcoal may be an important long-term carbon store, partially offsetting the carbon released by fire. Charcoal has a high cation-exchange capacity and may therefore also be an important component of soil fertility in the boreal forest. [8]

- ***How can we most effectively protect values at risk from fire, particularly in the urban–wildland interface?***
  Public education programs are an important part of preventing urban–wildland interface fires. Knowing which aspects of fuels management are the most effective in reducing interface fires and gaining public acceptance of them will help decrease losses of infrastructure and life.

- ***What impact does forest fire have on biodiversity?***
  The net effect at a given site of a given fire is highly variable. Fire may enhance some aspects of biodiversity (such as megafauna habitat) at the expense of other aspects (lichens and other species limited to old-growth forests). Making optimal use of prescribed fire while protecting old-growth forests from fire may help preserve biodiversity.

- ***What effect does forest fire have on pollution?***
  We know that many pollutants are burned in fires, and many others such as polyaromatic hydrocarbons are formed by burning organic material. Also, many pollutants may have been locked in vegetation and soils and may be remobilized into the atmosphere and surface waters when vegetation and soil surfaces burn. Of particular concern is the remobilization of mercury and radioactive isotopes (particularly in the Chernobyl region of Ukraine).

- ***What about the smoke from forest fires?***
  Fine soot particles, carbon monoxide, and volatile organic compounds that can interact with sunlight to form toxic ground-level ozone are all formed in forest fires. These are major constituents of smog and have been implicated in asthma and other respiratory illnesses. Also, soot particles may increase global warming through their effect on the planet's albedo and by scattering incoming solar radiation.

- ***How effective is forest fire suppression in the long term?***
  The Yellowstone National Park fires of 1988 are often cited as an example of fire delay; that is, by preventing built-up fuel from burning in one fire, an even bigger fire is fueled in the future, probably during the next dry period. More than $600 million is spent on forest fire suppression in Canada each year. Despite this, buildings and other infrastructure valued at more than $2 million are lost to forest fire damage each year (Johnston 2000). The effectiveness of fire suppression efforts in the long term is being questioned, especially as fire suppression costs escalate.

- ***What is the ecological role of fire and what is the ecological cost of suppression?***
  Many species are fire-dependent, and suppressing fire may reduce their populations—and populations of other species that depend on them—to below critical

levels. Fire suppression may also allow insect and disease epidemics to grow larger and more severe.

Answering the above questions will require extensive research efforts in the areas of fire ecology, fire and climate change, fire prediction, fire suppression, fire behavior, fire prevention, and fire monitoring.

Notes

1. **Fire interval** is the average number of years between the occurrence of fires at a given point. **Fire cycle** is the number of years to burn over an area equal to the entire area of interest. **Fire frequency** is the average number of fires that occur per unit of time at a given point. (CIFFC 2000)
2. A **wildfire** is an unplanned, out-of-control forest or grassland fire; a **natural fire** is one of natural origin (such as lightning) and is not human-caused.
3. Prescribed burns are not without risks, as seen in the Arizona fires of 2000, which started from prescribed fires. In Canada, a prescribed fire near Thunder Bay in 1979 took seven lives. A greater understanding of fire behavior would help make prescribed fires safer.
4. Some forest types burn more readily than others. This is partly due to the flammability of the bark, the amount and decay rate of litter on the forest floor, the litter's moisture-holding capacity, the presence of ladder fuels, and other factors.
5. See also the second paper in this series, *Climate Change and Forests* (Canadian Forest Service 1999).
6. Current "best"climate simulations agree that parts of eastern Canada may become more humid than at present through global warming; similarly, these same regions were wetter during the period of 8000–5000 years ago, which was otherwise generally drier in Canada. Most of Canada, however, is expected to become warmer and drier. Although a rise of 1–2 °C in global average temperature over the next few decades is expected, a rise of 5–10 °C is predicted for Canada.
7. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget conference was held in Edmonton, Alta., 8–12 May 2000.
8. The process of charcoalification removes hydrogen, oxygen, and other elements from the cellulose and lignin molecules, leaving only amorphous carbon, essentially graphite. The physical structure is often preserved, including the pores of the wood. This makes charcoal behave like a sponge for chemicals, hence the popularity of activated charcoal filters. In the soil, charcoal particles adsorb nutrients, preventing them from being leached out of the soil.

References

Amiro, B.D.; Stocks, B.J.; Alexander, M.E.; Flannigan, M.D.; Wotton, B.M. 2001. Fire, climate change, carbon and fuel management in the Canadian boreal forest. Int. J. Wildland Fire (In Press).

Arseneault, D.; Payette, 1992. A postfire shift from lichen-spruce to lichen-tundra vegetation at tree-line. Ecology 73:1067–1081.

Campbell, I.D.; Flannigan, M.D. 2000. Long-term perspectives on fire-climate-vegetation relationships in the North American boreal forest. Pages 151–172 *in* E.S. Kasischke and B.J. Stocks, editors. Fire, climate change, and carbon cycling in the North American boreal forest. Ecological Studies 138, Springer-Verlag, New York, N.Y.

Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. 1999. Climate change and forests: context for the Canadian Forest Service's Science Program. Ottawa. 13 p.

(CCFM) Canadian Council of Forest Ministers. 1997. Criteria and indicators of sustainable forest management in Canada. Natural Resources Canada, CFS, Policy, Planning and International Affairs Branch, Ottawa. Tech. Rep 137 p.

(CIFFC) Canadian Interagency Forest Fire Centre. 2000. Glossary of forest fire management terms. Winnipeg, Man. (Updated annually).

Flannigan, M.D.; van Wagner, C.E. 1991. Climate change and wildfire in Canada. Can. J. For. Res. 21:66–72.

Flannigan, M.; Wotton, M.; Carcaillet, C.; Richard, P.; Campbell, I.; Bergeron, Y. 1998. Fire weather: past, present and future. Pages 113–128 *in* Proc. 3rd Int.

Conf. Forest Fire Research and the 14th Conf. Fire and Forest Meteorology. Vol. 1.

Higgins, D.G.; Ramsey, G.S. 1992. Canadian forest fire statistics. For. Can., Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ont. Inf. Rep. PI-X-107.

Hogg, E.H. 1997. Temporal scaling of moisture and the forest-grassland boundary in western Canada. Agric. For. Meteorol. 84:115–122.

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. 1995. Second assessment report on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Johnson, E.A. 1992. Fire and vegetation dynamics: studies from the North American boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Johnston, T. 2000. Canada Report 1999. Canadian Interagency Forest Fire Centre, Winnipeg.

Johnstone, K. 1991. Timber and trauma: 75 years with the federal forestry service, 1899–1974. Forestry Canada, Ottawa. 194 p.

Kasischke, E.S., 2000. Effects of climate change and fire on carbon storage in North American boreal forests. Pages 440–452 *in* E.S. Kasischke and B.J. Stocks, editors. Fire, climate change, and carbon cycling in the North American boreal forest. Ecological Studies 138. Springer-Verlag, New York, N.Y.

Kasischke, E.S.; Stocks, B.J. 2000. Introduction. Pages 1–6 *in* E.S. Kasischke and B.J. Stocks, editors. Fire, climate change, and carbon cycling in the North American boreal forest. Ecological Studies 138. Springer-Verlag, New York, N.Y.

Kurz, W.A.; Apps M.J.; Stocks, B.J.; Volney, W.J. 1995. Global climate change: disturbance regimes and biospheric feedbacks of temperate and boreal forests. Pages 119–133 *in* G. Woodwell, editor. Biotic feedbacks in the global climate system: will the warming speed the warming? Oxford University Press, New York, N.Y

Larocque, I.; Bergeron, Y.; Campbell, I.D.; Bradshaw, R.H.W. 2001. Distribution of *Thuja occidentalis* in the southern Canadian boreal forest: long-term effect of local fire disturbance. J. Veg. Sci. (In Press).

McAlpine, R.S.; Hirsch, K.G. 1999. An overview of LEOPARDS: the level of protection analysis system. For. Chron. 75(4):615–621.

Partners in Protection. 1999. FireSmart: protecting your community from wildfire. Partners in Protection, Edmonton, Ata.

Thwaites, R.G. Editor. 1836–1901. The Jesuit Relations and Allied Documents. Burrows Bros., Cleveland, Ohio. 73 vols.

Les feux de forêt

Contexte du Programme scientifique
du Service canadien des forêts

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Canada

Les feux de forêt

Contexte du Programme scientifique du Service canadien des forêts

Document contextuel du Programme scientifique

Publié par

Direction générale des sciences

Service canadien des forêts

Ottawa, 2001

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001
N° de catalogue Fo42-317/2001
ISBN 0-662-65537-0

Exemplaires de cette publication disponibles gratuitement auprès de :
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 947-7341

Photocopies ou microfiches de cette publication en vente chez :
Micromedia Ltée
240, rue Catherine, pièce 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8
Tél. : (613) 237-4250
1-800-567-1914

Production : Catherine Carmody
Révision : Denis Rochon
Conception et mise en page : Danielle Monette
Traduction : Bureau de la traduction, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Service canadien des forêts. Direction des sciences

Les feux de forêt : contexte du Programme scientifique du Service canadien des forêts

(Document contextuel du Programme scientifique)
Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit.: Forest fires.
ISBN 0-662-65537-0
N° de cat. Fo42-317/2001

1. Forêts — Incendies — Politique gouvernementale — Canada.
2. Forêts — Incendies — Canada — Prévention et maîtrise.
3. Forêts — Protection — Politique gouvernementale — Canada.
4. Politique forestière — Canada.
I. Titre.
II. Titre: Forest fires.
III. Coll.

SD420.73C32 2001 634.9'618'0971 C2001-980073-8F

Crédits pour les photographies

Couverture et page 1, feu de cimes; **page 6,** avion-citerne; gracieuseté du Centre de foresterie du Nord, SCF, Edmonton (Alberta).

Pages 3 et 9, peuplement incendié d'épinettes noires; **page 4,** régénération de peuplier faux-trembles; gracieuseté de Ian Campbell.

Imprimé sur du papier recyclé

IMPRIMÉ AU CANADA

Imprimé sur du papier alcalin

4 **Introduction**

4 **Qu'est-ce que le feu de forêt?**

6 Causes et prévention

7 Comportement et maîtrise

8 Interactions feu–climat–végétation

8 **Pourquoi chercher de l'information sur les feux de forêt?**

8 Le feu et la biodiversité

9 Le feu et l'aménagement forestier durable

10 Le feu et les changements climatiques

11 **Nouveaux enjeux**

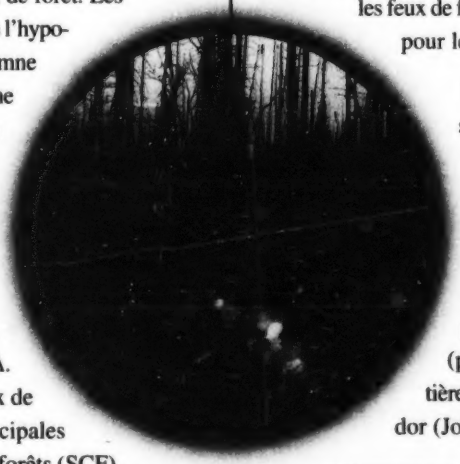
13 **Notes**

13 **Bibliographie**

Introduction

Force écologique majeure au Canada, le feu représente à la fois un agent de renouvellement de la forêt et une menace pour la vie et les biens matériels de la population. Nous pouvons le considérer comme un processus naturel, et le juger souhaitable, ou le voir comme un fléau destructeur des ressources forestières. Ces perspectives opposées quant au rôle du feu dans les forêts du Canada découlent de la valeur, diverse, que nous accordons à la forêt et à ses différents aspects : nous pouvons la percevoir comme une simple source économique de fibres commerciales ou comme une composante intégrale de l'écosystème, garante de la vie sur Terre.

Les plus anciennes descriptions écrites du paysage canadien mentionnent déjà les feux de forêt. Les premiers explorateurs ont même émis l'hypothèse que les feux observés à l'automne dans la forêt boréale étaient à l'origine des quelques jours de redoux notés en octobre; comme ils croyaient (à tort) que ces feux étaient allumés par les Algonquiens, cette période a été appelée « l'été des Indiens » (Thwaites, 1836–1901). L'importance de la protection contre le feu a été reconnue dès 1871 par sir John A. Macdonald. La lutte contre les feux de forêt a d'ailleurs été l'une des principales fonctions du Service canadien des forêts (SCF) et des organismes à vocation similaire qui l'ont précédé (Johnstone, 1991). De 1920 à 1950, le SCF a progressivement réduit ses efforts sur le terrain pour se consacrer davantage à la recherche, accordant, parallèlement, moins d'attention à la prévention et à la suppression des incendies et plus à d'autres aspects du feu.



Quatrième titre d'une série destinée à mettre en contexte le programme de recherche du SCF, ce document passe en revue divers aspects et enjeux de la gestion et de la recherche dans le domaine des feux de forêt et explique pourquoi le SCF, de concert avec ses nombreux partenaires, engage des ressources dans la recherche sur la prévision, la surveillance, la gestion, la modélisation et l'écologie des feux de forêt.

Qu'est-ce que le feu de forêt?

Nos sentiments à l'égard des feux de forêt sont largement fonction de la façon dont nous percevons la forêt. Du point de vue de l'industrie, le feu entraîne la destruction de précieuses ressources en bois et représente une menace pour des installations coûteuses, telles que scieries et parcs à bois. Sous l'angle de l'environnement, l'opinion varie. Perçu comme une menace pour les habitats sensibles des forêts anciennes, il crée par contre des clairières qui sont des habitats importants. Pour le secteur du tourisme et des loisirs, le feu est coupable d'entraîner la fermeture de secteurs touristiques et d'abîmer de beaux paysages; par ailleurs, il améliore certains habitats du gibier. Pour les propriétaires fonciers des régions rurales, les feux de forêt peuvent représenter une menace pour leurs biens ou même leur vie.

Le feu fait partie intégrante de l'écosystème naturel des forêts canadiennes, mais il est fortement conditionné par les activités humaines. En conditions naturelles, l'intervalle des feux[1] varie de moins de 10 ans, dans certaines parties de la région des prairies, à plusieurs milliers d'années (pense-t-on), dans la toundra forestière du nord-est du Québec et du Labrador (Johnson, 1992).

L'importance du feu dans l'écologie des milieux naturels est depuis longtemps connue des scientifiques, mais, pour le grand public en Amérique du Nord, ce sont les feux qui ont dévasté le parc national Yellowstone au Wyoming en 1988 qui l'ont bien fait comprendre. En raison des pratiques de suppression des incendies, le combustible s'était accumulé dans le parc depuis des années au point de devenir considérable et d'expliquer en grande partie l'ampleur de ces feux.

Jusque dans les années 1980, nombreux étaient ceux qui considéraient les feux de forêt comme néfastes en toutes circonstances et croyaient qu'il fallait tout faire pour les supprimer. Davantage informé du rôle complexe des feux de végétation naturels[2], le grand public est maintenant mieux disposé à appuyer les travaux visant à

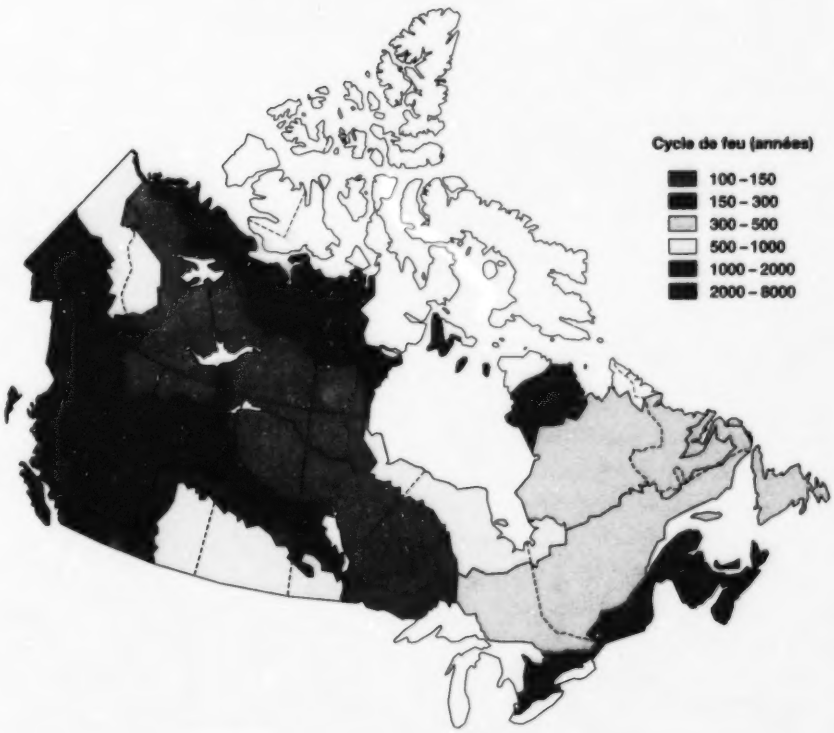
Gestion du feu : Activités associées à la protection des personnes, des propriétés et des territoires forestiers contre les incendies ainsi qu'à l'utilisation du brûlage dirigé pour atteindre des objectifs d'aménagement des forêts et du territoire, réalisées en tenant compte des facteurs environnementaux, sociaux et économiques.

Dictionnaire de la foresterie
(Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, 2000)

expliquer l'occurrence, l'ampleur et l'impact des feux de forêt, ainsi que les conséquences de leur suppression pour la santé des forêts. Une approche éclairée consiste à peser le pour et le contre des feux de forêt sur le plan économique et écologique, et à tenir compte des coûts écologiques qu'entraîne à long terme leur suppression excessive. Au lieu de chercher simplement à éliminer les incendies, beaucoup de gestionnaires de terrains cherchent le moyen de gérer le feu de façon optimale.

La gestion du feu exige un certain nombre de connaissances : causes et moyens de prévention des feux;

Cycle de feu par écozone



Le cycle de feu (voir note 1) varie d'une partie à l'autre du pays, les feux étant très rares dans la zone côtière de la Colombie-Britannique, mais très fréquents dans la forêt boréale. Ils varient également à l'intérieur de chaque écozone. Dans la région boréale centrale, par exemple, on indique ici que le cycle moyen du feu est de 100 à 150 ans, mais de nombreux secteurs y sont incendiés tous les 10 ans ou moins alors que certains autres sont probablement très rarement touchés par le feu depuis plusieurs milliers d'années. D'après les statistiques des superficies incendiées supérieures à 200 ha de 1959 à 1995. (Source : B. Stocks, Centre de foresterie des Grands Lacs, Service canadien des forêts, Sault Ste. Marie (Ont.), communication personnelle).

comportement du feu et méthodes d'extinction ou de suppression; impact et utilisations possibles du feu à l'échelle du paysage; relations entre le feu, les changements climatiques et la végétation (pour la planification à long terme); aspects socio-économiques des feux de forêt.

Causes et prévention

Les feux de forêt sont causés par de nombreux facteurs. En outre, la cause prédominante varie au Canada d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. Environ 60 % des incendies au pays sont attribuables à des activités humaines : brûlage de déchets, feux de camp, cigarettes, étincelles produites par le frottement des roues de train sur les rails, méfaits (Higgins et Ramsey, 1992). La plupart des feux de causes humaines sont allumés près de zones peuplées, souvent en bordure des routes. Dans les zones peuplées, la détection rapide et l'accès facile permettent souvent d'éteindre les feux rapidement, avant qu'ils ne soient très étendus. Les brûlages dirigés représentent un type spécial de feu dû à l'activité humaine; ils sont allumés de façon contrôlée sur de petites superficies (ordinairement moins de 100 ha), essentiellement pour des motifs de gestion du combustible et d'aménagement d'habitats[3].

Il reste 40 % des incendies qui sont déclenchés naturellement, principalement par la foudre. Souvent allumés à des endroits reculés et durant des périodes prolongées de sécheresse, les feux de foudre sont souvent déjà très étendus lorsqu'ils sont décelés. Lorsque les efforts d'extinction débutent, compte tenu du temps requis pour transporter le personnel et l'équipement à des endroits éloignés, ils ont, dans bien des cas, dépassé le stade où ils peuvent être supprimés rapidement. De plus, pour compliquer davantage les efforts de suppression, il n'est pas rare qu'un même orage allume des douzaines de feux sur plusieurs centaines de kilomètres carrés. Néanmoins, grâce à l'amélioration de l'accès routier et des réseaux de détection de la foudre, les délais d'intervention pour ces feux sont de plus en plus réduits, au point d'être comparables dans de nombreuses parties du Canada aux délais enregistrés pour les feux de causes humaines.

Si nous ne pouvons pas faire grand-chose pour empêcher les feux de causes naturelles, nous pouvons, jusqu'à un certain point, les prévoir et nous préparer à intervenir avec le personnel et l'équipement adéquat à l'endroit et au moment voulus. Par une bonne gestion du combustible, nous pouvons réduire la probabilité que les feux, qu'ils soient de cause humaine ou naturelle, deviennent hors de contrôle. Nous pouvons également réglementer diverses activités responsables d'incendies, notamment les pratiques de brûlage des déchets, et veiller à ce que l'aménagement du paysage autour de nos maisons et de nos quartiers d'habitation ne favorise pas les incendies et ne représente pas un danger pour nos biens et nos vies (Partners in Protection, 1999).

Par continuité du combustible, on entend la présence d'une couche continue de matières combustibles au sol ou au niveau de la cime des arbres. Là où les arbres sont très espacés, le combustible de cime n'est pas continu. Les routes, les cours d'eau et les clairières peuvent interrompre la continuité du combustible au sol. Les feux de grande ampleur peuvent franchir d'assez grands espaces découverts, mais la plupart des petits feux ne s'étendront pas facilement s'il y a discontinuité du combustible.

Pour protéger les maisons construites en forêt, il importe de maintenir un espace dégagé tout autour et d'enlever les branches mortes et autres matières combustibles sur le parterre de la forêt environnante. Ces mesures ne remplacent pas les matériaux de construction ininflammables, mais il a été démontré qu'elles réduisent le risque provenant des feux de forêt.

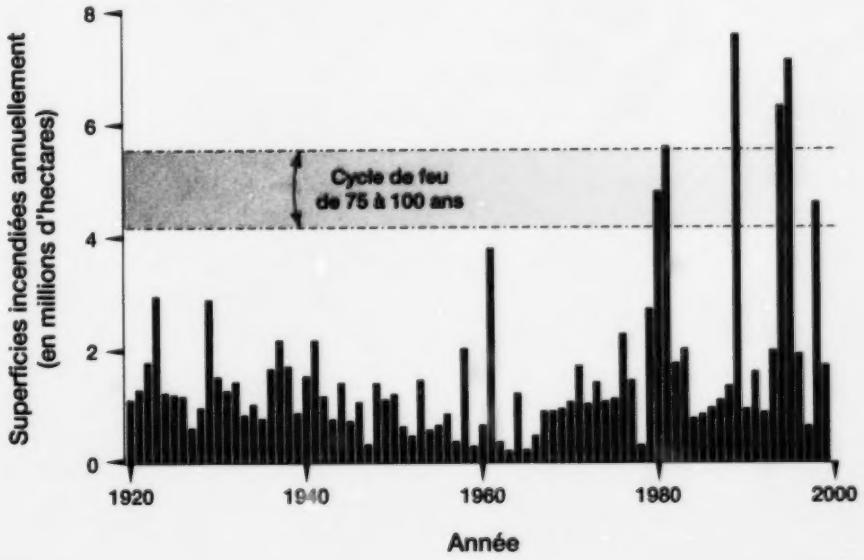
Partners in Protection, 1999.

Comportement et maîtrise

Tous les feux ne sont pas semblables. Alors que certains ne brûlent que quelques mètres carrés avant de s'éteindre, d'autres peuvent dévaster des milliers d'hectares et n'être vaincus que par une forte pluie. La différence entre ces deux cas extrêmes peut dépendre simplement de la continuité du combustible sur le terrain ou encore d'un ensemble complexe de facteurs, notamment une sécheresse prolongée et des vents violents combinés à une grande continuité du combustible et à la présence de « combustibles étagés » permettant au feu de passer du parterre de la forêt à la cime des arbres[4].

Pour éteindre les feux de forêt, on a recours à des arrosages d'eau et de retardants ainsi qu'à des travaux d'aménagement du combustible, comme la construction d'un coupe-feu sous le vent. L'efficacité des techniques variant selon les conditions locales, il est essentiel que le responsable de la suppression ait une connaissance approfondie du comportement des feux. Au Canada, la suppression des incendies se fait à l'aide d'avions-citernes, d'hélicoptères

Superficies incendiées annuellement au Canada 1920 à 1999



Les superficies incendiées semblent diminuer légèrement de 1920 à 1960, puis augmenter de façon marquée dans les années 1980. Cette augmentation pourrait être liée aux changements climatiques. Cependant, elle est également attribuable en partie à l'amélioration des observations grâce au progrès de la surveillance satellitaire et à l'expansion du réseau routier et du réseau des tours d'observation. Par ailleurs, la période étudiée est très courte par comparaison au cycle de feu de nombreuses parties du pays.

Si le taux observé récemment d'augmentation des incendies se maintient, le cycle moyen du feu (voir note 1) au Canada pourrait approcher la fourchette de 75 à 100 ans, correspondant à l'âge de maturité de beaucoup d'essences canadiennes. Une réduction du cycle moyen du feu non seulement altérerait la combinaison des espèces présentes dans les forêts canadiennes, mais modifierait également la superficie des forêts, car les cycles extrêmement courts dans certaines régions pourraient empêcher la régénération de la végétation forestière. En outre, comme la forêt résultante serait en moyenne plus jeune, il y aurait moins de carbone entreposé dans la forêt, ce qui favoriserait encore plus les changements climatiques. (Source : Amiro *et al.*, 2001)

et d'équipes au sol, en mettant à profit les abondantes eaux de surface dans presque toutes les parties du pays. L'attaque initiale est importante, car il est plus facile et moins coûteux d'éteindre un petit feu qu'un gros feu. Peu importe les sommes dépensées pour la suppression, il y aura toujours des feux qui ne pourront être maîtrisés par l'attaque initiale (McAlpine et Hirsch, 1999); toutefois, une forte attaque initiale peut réduire la probabilité qu'un feu n'échappe à tout contrôle.

Interactions feu–climat–végétation

Les changements climatiques attendus sous l'effet des émissions anthropiques de gaz à effet de serre devraient se traduire par un réchauffement important au cours des prochaines décennies, en particulier dans les régions boréales et polaires (GIEC, 1995). Au Canada, ce réchauffement devrait entraîner une augmentation importante des feux de forêt et des superficies brûlées, surtout dans l'ouest et la partie centrale du pays (Flannigan *et al.*, 1998). Les changements climatiques posent donc deux grands défis dans la recherche sur les feux de végétation : prévoir l'impact des changements climatiques, et des transformations subséquentes de la végétation, sur les régimes des feux; prévoir l'impact de l'augmentation des feux sur la végétation et, en raison du carbone entreposé dans celle-ci, sur le climat mondial[5].

Pourquoi chercher de l'information sur les feux de forêt?

Le Canada s'est engagé à réduire les émissions anthropiques de carbone, à préserver la biodiversité et à adopter des pratiques d'aménagement durable des forêts dans le cadre de plusieurs initiatives ou accords internationaux, dont le Protocole de Kyoto (à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques), la Convention sur la diversité biologique et le Processus de Montréal (ou Groupe de travail sur les critères et les indicateurs de la conservation et de l'aménagement durable des forêts des régions tempérées et boréales). Aucun de ces objectifs ne peut être atteint sans une connaissance approfondie de l'impact des feux de forêt et de l'effet des changements climatiques sur les feux de forêt.

Un nouveau paradigme est apparu ces dernières années : l'aménagement durable des forêts par imitation des perturbations naturelles. Comme la forêt boréale est un biome déterminé par les perturbations (feu, insectes, maladies, vents, etc.), une récolte qui réussirait à imiter les perturbations naturelles devrait avoir un impact écologique minimal. Certains aspects de la récolte, comme la forme des parterres de coupe et le pourcentage des arbres vivants laissés sur pied, pourraient être définis de façon à imiter les résultats des feux de causes naturelles. Pour ce faire, il est essentiel de bien connaître et comprendre les effets du feu sur le paysage. Il importe aussi de bien comprendre les nombreux aspects du feu que la récolte ne peut imiter et ne saurait donc remplacer.

Une meilleure compréhension de l'impact du feu aidera à mieux évaluer les aspects économiques de l'extinction, activité très coûteuse. La gestion du feu à l'avenir pourrait consister à choisir entre ne pas intervenir et pratiquer la lutte active en fonction des prévisions du comportement d'un incendie donné et de son impact. Un autre aspect qu'il importe de bien comprendre est le rôle que peut jouer le brûlage dirigé dans la gestion du combustible, des habitats et des ressources ligneuses.

Le feu et la biodiversité

Les feux sont en grande partie responsables de la mosaïque naturelle de la forêt boréale et ils sont donc essentiels au maintien de certaines communautés écologiques. Le Conseil canadien des ministres des forêts reconnaît trois formes de biodiversité : la diversité des espèces, la diversité des gènes et la diversité des habitats (CCMF, 1997). Les feux de forêt, en raison de la variabilité de leurs caractéristiques (saison, étendue, forme, intensité et types de combustible), représentent un important facteur de diversité des habitats (Johnson, 1992).

Le feu a un effet complexe sur la biodiversité, et cet effet n'est pas très bien compris à de nombreux égards. Les feux de cimes détruisent de vieux peuplements, souvent riches sur le plan de la biodiversité, mais ils créent également des trouées ou ouvertures dans la forêt, des milieux encore plus diversifiés. Des feux de surface peu-

Une question d'étendue

L'importance écologique d'un feu dépend beaucoup de son étendue. Après un feu de faible ampleur, la forêt peut rapidement se régénérer grâce aux graines fournies par la forêt environnante et à partir des racines et des souches qui produisent de nouvelles pousses.

Après un feu très étendu, la régénération de la forêt est plus lente. Les graines doivent parcourir une plus grande distance pour reboiser le centre de la superficie brûlée. En conséquence, les espèces à graines plus petites et plus aérodynamiques ont plus de chances d'être favorisées dans le nouveau peuplement. De plus, la forêt environnante ne peut étendre ses racines au-delà de la bordure de l'aire brûlée.

Donc, un feu de faible étendue peut accroître la biodiversité en augmentant la diversité des habitats dans une forêt par ailleurs uniforme, tandis qu'un feu plus gros peut la réduire en créant de larges espaces essentiellement uniformes quant à l'habitat.

Par ailleurs, beaucoup d'espèces ont besoin à la fois d'espaces ouverts et d'un couvert forestier fermé et sont par conséquent associées aux lisières. Elles préféreront les feux de moindre étendue, car les grands feux créent généralement une moindre longueur de lisière par hectare brûlé.

vent être nécessaires pour préserver de vieilles forêts, comme des peuplements de pin ponderosa (*Pinus ponderosa*). L'impact d'un feu sur la biodiversité totale est déterminé par des facteurs tels que l'étendue brûlée, l'intensité du feu, la saison et la fréquence des incendies (voir note 1) sur le territoire considéré.

Le feu influe également sur la biodiversité en produisant du bois mort sur pied (chicots) et des débris ligneux grossiers. Les chicots sont utilisés par beaucoup d'oiseaux pour nicher, et les gros débris de bois représentent un habitat essentiel pour de nombreux insectes, sans compter qu'un grand nombre d'oiseaux se nourrissent de ces insectes.

On emploie souvent le brûlage dirigé pour améliorer l'habitat des grands ongulés et d'autres espèces animales et végétales qui tirent profit des ouvertures dans le couvert forestier. Parfois, on y a également recours pour lutter contre les plantes envahissantes qui peuvent faire une concurrence indue à la végétation indigène.

Le feu et l'aménagement forestier durable

L'industrie forestière et le feu sont en concurrence pour la consommation des précieuses ressources en fibres. Les gouvernements et l'industrie au Canada consacrent des sommes considérables à la suppression des incendies dans la forêt productive, et dans les forêts où d'autres valeurs sont menacées. De plus en plus, toutefois, le feu est utilisé comme modèle pour la récolte. En effet, en vue de réduire l'impact de ses activités sur la forêt, l'industrie cherche à modeler ses pratiques de récolte sur les perturbations naturelles, le feu en particulier. Or, pour pouvoir copier le mieux possible le patron du feu, il est essentiel de bien comprendre ses impacts sur le paysage à tous les égards (stockage du carbone, production de bois, habitats, etc.).

La récolte ne peut reproduire tous les aspects des feux de forêt. Elle ne peut laisser autant de chicots. Elle ne peut être réalisée sur d'aussi vastes étendues, la superficie dévastée par un feu variant de moins de un hectare à plusieurs millions d'hectares. Elle ne peut pas non plus présenter la même variabilité annuelle des superficies touchées, étant donné le besoin d'un approvisionnement continu en pâte et en bois. Enfin, son impact sur les sols (compactage mécanique et altération du cycle des éléments nutritifs) sont nécessairement différents. Imiter une perturbation naturelle comme le feu pourrait bien être un objectif irréalisable, mais c'est une option qui mérite d'être étudiée.

Toutefois, l'imitation du feu exige des connaissances approfondies sur l'impact, l'occurrence et le comportement de cet agent de transformation. Il faut être capable de prévoir les résultats de notre action sur le régime des feux

et de déterminer ce qu'auraient été l'étendue du feu, son emplacement, ses effets et ses interactions avec d'autres processus écologiques si nous n'avions pas été là. À défaut de telles connaissances, nous ne serons pas en mesure de démontrer que nous imitons les perturbations naturelles sans altérer l'écologie naturelle de la forêt.

En plus d'étudier comment le feu imite la récolte, l'industrie forestière commence à s'engager dans la récolte stratégique, plus précisément à récolter les fibres dans les zones à risque élevé d'incendie. Le feu et l'industrie sont toujours en concurrence, mais ce sont des arbres qui auraient bientôt été détruits par le feu qui sont récoltés. On espère que cette approche pourra réduire la charge de combustible à l'échelle du paysage.

Le feu et les changements climatiques

Les feux de forêt influent sur le cycle mondial du carbone — et donc sur le climat — à trois égards essentiellement (Kasischke, 2000). Premièrement, la combustion de la matière végétale et de la matière organique à la surface du sol libère d'importantes quantités de carbone dans l'atmosphère. Deuxièmement, la végétation tuée par le feu se décompose progressivement. Troisièmement, pendant plusieurs années ou décennies, la végétation sur des sites brûlés extrait parfois moins de carbone de l'atmosphère qu'en libère la végétation en décomposition ou qu'en absorbait la végétation qui était présente antérieurement. Ainsi, le feu est un facteur important dans le cycle mondial du carbone, et l'augmentation de sa fréquence entraîne généralement une réduction nette du stockage du carbone dans la biosphère (Kurz *et al.*, 1995). Par ailleurs, le feu peut entraîner le remplacement d'un type de végétation par un autre. Sa fréquence élevée à certains endroits peut créer dans la forêt des ouvertures, à toutes fins pratiques permanentes, et pourrait être un facteur majeur d'exclusion des conifères dans l'écorégion de la tremblaie-parc (Hogg, 1997) et du thuya occidental (*Thuja occidentalis*) à certains endroits dans l'est du Canada (Larocque *et al.*, 2001). D'autre part, le feu peut faciliter l'adaptation de la forêt à un changement climatique : en éliminant la végétation mal adaptée aux nouvelles conditions climatiques, il peut permettre le développement de communautés végétales différentes, mieux adaptées (Arseneault et Payette, 1992).

Inversement, les régimes des feux de forêt sont sensibles au changement du climat. Au cours des prochaines décennies, à cause du réchauffement de la planète, on peut s'attendre à une augmentation, peut-être jusqu'à 50 %, des superficies brûlées annuellement au Canada (Flannigan et van Wagner, 1991). L'augmentation ne sera probablement pas répartie uniformément : les incendies pourraient diminuer dans certaines parties de l'est du Canada, tandis qu'ils pourraient augmenter de façon marquée dans l'ouest et la partie centrale du pays[6].

Récemment, lors d'une conférence[7] sur le cycle mondial du carbone et la forêt boréale, la nécessité de mieux comprendre le rôle du feu et d'autres perturbations dans le cycle du carbone a été soulignée à plusieurs reprises. L'une des lacunes de l'information la plus souvent mentionnée est l'absence de statistiques chronologiques fiables sur les superficies annuelles brûlées, et plusieurs présentateurs ont fait valoir la nécessité d'évaluer de façon cohérente la gravité des feux et de communiquer en temps utile les données sur leur étendue. À cet égard, le consensus était que la télédétection satellitaire représente le meilleur outil pour répondre aux besoins notés, du moins dans les zones reculées et peut-être même dans tout le Canada, compte tenu des progrès de cette technologie.

Les interactions du feu, de la végétation, des changements climatiques, d'autres perturbations naturelles (comme les insectes et les maladies) et de l'activité humaine sont extrêmement complexes et comportent de nombreuses boucles de rétroaction (Campbell et Flannigan, 2000). Nous devons bien comprendre ces relations pour bien prévoir les incendies et estimer leurs répercussions sur la végétation et le bilan du carbone des forêts canadiennes — et ainsi sur les changements climatiques et l'économie canadienne.

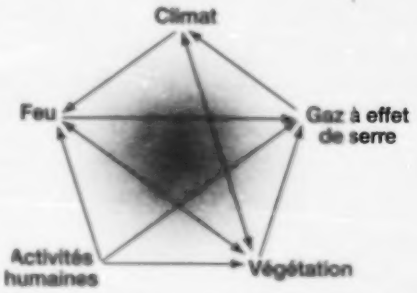


Schéma simplifié des interactions complexes du feu, du climat, de la végétation, des gaz atmosphériques à effet de serre et des activités humaines. Une action donnée peut avoir de multiples répercussions, le système comptant diverses boucles de rétroaction.

Nouveaux enjeux

Le feu a toujours été présent dans les forêts du Canada et le sera toujours. Néanmoins, il existe des pressions intenses pour le restreindre afin de protéger certaines valeurs, telles que les infrastructures (maisons, usines, lignes de transport d'électricité), les ressources récréatives et les paysages, en plus de la fibre et des autres produits forestiers d'intérêt économique. Il faudra soupeser ces valeurs en fonction des coûts de la prévention et de la suppression et de la volonté de maintenir le rôle écologique du feu dans la forêt. L'un des besoins les plus pressants est d'apporter des réponses claires aux questions suivantes :

- ***Quels aspects du feu peuvent être imités par la récolte? Lesquels ne le peuvent pas?***
  Le feu brûle complètement surtout les feuilles, l'écorce et les rameaux des arbres, mais laisse souvent plus ou moins intacts les troncs, partie des arbres extraite de la forêt par la récolte. Le compactage du sol, la production de charbon de bois et les étendues touchées sont d'autres aspects sur lesquels le feu diffère de la récolte. Il est évident que tous les aspects du feu ne peuvent être reproduits par la récolte. Il importe de comprendre les effets différents que ces perturbations produisent sur le paysage afin de réduire au minimum l'impact écologique de la récolte.

- ***Le brûlage dirigé représente-t-il un outil utile de gestion du combustible?***
  Après les conditions extrêmes de la saison des feux de forêt 2000 aux États-Unis, le brûlage dirigé est de nouveau préconisé comme outil de gestion du combustible végétal. Au cours de la même saison, les dangers d'un feu échappé ont été illustrés de façon éloquente dans le sud-ouest des États-Unis. Le débat sur les conditions d'application de cette technique sera probablement sans fin; il y aura toujours des dangers à utiliser le feu, mais aussi des avantages. Les recherches doivent être poursuivies en vue de perfectionner cette technique pour qu'elle soit un outil à la fois sécuritaire et utile de gestion du combustible.

- ***Y a-t-il augmentation des feux de forêt au Canada sous l'effet du réchauffement de la planète?***
  D'après les statistiques sur les incendies, il y a eu une hausse marquée des superficies brûlées annuellement au Canada depuis les années 1950 (Kasischke et Stocks, 2000). Les données pourraient toutefois ne pas être complètes. Avant la télédétection satellitaire, qui a commencé à être utilisée dans les années 1970, d'immenses incendies pouvaient brûler sans qu'on le sache dans certaines parties du Canada éloignées des zones habitées. Néanmoins, la plupart des chercheurs conviennent que les superficies brûlées ont augmenté depuis 50 ans. Par ailleurs, il n'a pas été établi clairement si l'augmentation est due aux changements climatiques ou à d'autres facteurs (comme l'extension du réseau routier ouvrant de nouvelles parties du territoire forestier à des activités humaines pouvant être causes d'incendie, ou l'accumulation du combustible en raison du vieillissement général de la forêt).

- ***Quel est l'impact des feux de forêt sur le cycle mondial du carbone?***
  Il est essentiel de comprendre l'influence du feu et de la gestion du combustible sur le cycle mondial du carbone pour la prévision des émissions nettes de gaz à effet de serre du Canada. L'augmentation des superficies brûlées annuellement pourrait entraîner des pertes nettes importantes du carbone forestier. Nous devons connaître le patron temporel des émissions de carbone

durant un incendie, mais également après celui-ci, pour bien évaluer l'ampleur et la durée de ces pertes.

- ***Quel est le rôle écologique du charbon de bois?***
  Le feu tue des arbres et libère du carbone, mais il transforme également une partie du bois en charbon, une substance chimiquement stable. Le charbon de bois peut constituer un important réservoir de carbone à long terme et partiellement compenser la perte du carbone libéré par le feu. Comme il a une grande capacité d'échange de cations, il pourrait également jouer un rôle important dans la fertilité des sols de la forêt boréale[8].

- ***Comment protéger le plus efficacement possible les valeurs menacées par le feu, en particulier dans les zones périurbaines?***
  Les programmes d'information du public sont importants pour la prévention des incendies dans les zones périurbaines. Pour protéger le plus possible les infrastructures et les personnes, il importe de connaître les aspects de la gestion du combustible les plus efficaces pour réduire les incendies dans ces zones intermédiaires, puis il faut les faire accepter du public.

- ***Quel est l'impact d'un feu de forêt sur la biodiversité?***
  L'effet net à un endroit précis d'un feu donné est très variable. Le feu peut améliorer certains aspects de la biodiversité (comme l'habitat des grands animaux) aux dépens d'autres éléments (comme les lichens et d'autres espèces qui dépendent des vieux peuplements). Une application optimale du brûlage dirigé en veillant à la protection des vieilles forêts pourrait favoriser la préservation de la biodiversité.

- ***Quel effet ont les feux de forêt sur la pollution?***
  Le feu détruit de nombreux polluants, mais il en produit également beaucoup d'autres, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques. De nombreux polluants qui s'étaient fixés dans la végétation et les sols peuvent être libérés dans l'atmosphère et les eaux de surface. Une crainte particulière est la libération de mercure et d'isotopes radioactifs (spécialement dans la région de Tchernobyl en Ukraine).

- ***Y a-t-il lieu de s'inquiéter de la fumée produite par les feux de forêt?***
  Les feux produisent des particules fines de suie, du monoxyde de carbone et des composés organiques volatils qui interagissent avec la lumière solaire pour former l'ozone, une substance toxique, dans les basses couches de l'atmosphère. Toutes ces substances sont des composantes importantes du smog et elles ont été pointées du doigt en tant que causes d'asthme et d'autres maladies respiratoires. De plus, les particules de suie peuvent accroître le réchauffement de la planète en modifiant l'albédo de la Terre et en diffusant le rayonnement solaire incident.

- ***La suppression des feux de forêt est-elle une solution efficace à long terme?***
  Les feux qui ont dévasté en 1988 le parc national Yellowstone sont souvent donnés comme exemples de feux retardés. En empêchant le combustible accumulé de brûler, on favorise un plus gros feu qui sera déclenché plus tard, probablement à la prochaine période de sécheresse. Au Canada, les dépenses annuelles de suppression des feux de forêt dépassent 600 millions de dollars. Malgré cela, les feux de forêt causent des pertes évaluées à plus de 2 millions de dollars par année en bâtiments et en autres éléments d'infrastructure (Johnston, 2000). L'efficacité des efforts de suppression des incendies à long terme est contestée, surtout face aux coûts croissants de la suppression.

- ***Quel est le rôle écologique du feu et quel est le coût écologique de la suppression?***
  Beaucoup d'espèces ont besoin du feu. Sa suppression peut réduire sous des seuils critiques leurs populations — ainsi que celles d'autres espèces qui dépendent d'elles. Elle pourrait également favoriser l'extension et l'intensification d'épidémies et de pullulations d'insectes.

Pour répondre à toutes ces questions, il faudra consacrer des efforts considérables à la recherche dans plusieurs domaines : écologie du feu, changements climatiques, comportement du feu et prévision, surveillance, prévention et suppression des incendies.

Notes

1. **L'intervalle des feux** est le nombre moyen d'années entre deux incendies à un endroit donné. Le **cycle de feu** est le temps requis pour que soit brûlée une superficie équivalente au territoire à l'étude. La **fréquence des incendies** correspond au nombre d'incendies qui ont pris naissance dans une région donnée au cours d'une période de temps définie. (Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, 2000)

2. On entend par **feu naturel** un feu non planifié dans une forêt ou une prairie, qui est dû à un phénomène naturel (comme la foudre) et non à l'activité humaine.

3. Les brûlages dirigés ne sont pas exempts de risques, comme l'attestent les feux qui ont dévasté l'Arizona en 2000 et qui étaient issus de brûlages dirigés. Au Canada, un brûlage dirigé a fait sept victimes près de Thunder Bay en 1979. Une meilleure connaissance du comportement du feu permettrait de réduire les risques associés aux brûlages dirigés.

4. Certains types de forêt brûlent plus facilement pour diverses raisons, entre autres : inflammabilité de l'écorce, abondance et vitesse de décomposition de la litière sur le parterre forestier, pouvoir de rétention d'eau de la litière et présence de combustibles étagés.

5. Voir également le deuxième document de la série : *Les changements climatiques et la forêt* (Service canadien des forêts, 1999).

6. Selon les « meilleures » simulations climatiques actuelles, le réchauffement de la planète pourrait apporter un climat plus humide à certaines parties de l'est du Canada. Si l'on recule de 5 000 à 8 000 ans, les mêmes régions étaient également plus humides alors que le reste du Canada était généralement plus sec. Pour l'avenir, on s'attend à ce que la majeure partie du Canada ait un climat plus chaud et plus sec. Alors qu'on prévoit une hausse de 1 à 2 °C de la température moyenne de la planète au cours des prochaines décennies, l'augmentation prévue pour le Canada est de 5 à 10 °C.

7. La conférence sur le rôle joué par les forêts boréales et la foresterie dans le bilan mondial du carbone a eu lieu à Edmonton (Alberta) du 8 au 12 mai 2000.

8. Dans le processus de production du charbon, l'hydrogène, l'oxygène et d'autres éléments des molécules de cellulose et de lignine sont libérés, laissant une matière carbonée amorphe, essentiellement du graphite, qui conserve souvent la structure physique du bois, y compris les pores. En conséquence, le charbon de bois agit souvent comme une éponge pour les produits chimiques, d'où la popularité des filtres à charbon actif. Dans le sol, les particules de charbon absorbent les éléments nutritifs et empêchent ainsi leur lessivage.

Bibliographie

Amiro, B.D.; Stocks, B.J.; Alexander, M.E.; Flannigan, M.D.; Wotton, B.M. 2001. Fire, climate change, carbon and fuel management in the Canadian boreal forest. Int. J. Wildland Fire (sous presse).

Arseneault, D.; Payette, S. 1992. A postfire shift from lichen-spruce to lichen-tundra vegetation at tree-line. Ecology 73:1067–1081.

Campbell, I.D.; Flannigan, M.D. 2000. Long-term perspectives on fire-climate-vegetation relationships in the North American boreal forest. Pages 151–172 *in* E.S. Kasischke and B.J. Stocks, editors. Fire, climate change, and carbon cycling in the North American boreal forest. Ecological Studies 138, Springer-Verlag, New York, N.Y.

(CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 1997. Critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts au Canada : Rapport technique. Ressources naturelles Canada, SCF, Direction générale des politiques, de la planification et des affaires internationales, Ottawa. 136 p.

(CIFFC) Canadian Interagency Forest Fire Centre. 2000. Glossary of forest fire management terms. Winnipeg, Man. (Mis à jour annuellement)

Flannigan, M.D.; van Wagner, C.E. 1991. Climate change and wildfire in Canada. Can. J. For. Res. 21:66–72.

Flannigan, M.; Wotton, M.; Carcaillet, C.; Richard, P.; Campbell, I.; Bergeron, Y. 1998. Fire weather: past, present and future. Pages 113–128 *in* Proc. 3rd Int. Conf. Forest Fire Research and the 14th Conf. Fire and Forest Meteorology. Vol. 1.

(GIEC) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 1995. Seconde évaluation du GIEC : changement de climat : rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Higgins, D.G.; G.S. Ramsey. 1992. Statistiques sur les incendies de forêt au Canada. Forêts Canada, Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ont.). Rapp. d'inf. PI-X-107 E/F. 76 p.

Hogg, E.H. 1997. Temporal scaling of moisture and the forest-grassland boundary in western Canada. Agric. For. Meteorol. 84:115–122.

Johnson, E.A. 1992. Fire and vegetation dynamics: studies from the North American boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Johnston, T. 2000. Canada Report 1999. Canadian Interagency Forest Fire Centre, Winnipeg.

Johnstone, K. 1991. Forêt et tourments : 75 ans d'histoire du Service fédéral des forêts, 1899–1974. Forêts Canada, Ottawa. 208 p.

Kasischke, E.S., 2000. Effects of climate change and fire on carbon storage in North American boreal forests. Pages 440–452 *in* E.S. Kasischke and B.J. Stocks, editors. Fire, climate change, and carbon cycling in the North American boreal forest. Ecological Studies 138. Springer-Verlag, New York, N.Y.

Kasischke, E.S.; Stocks, B.J. 2000. Introduction. Pages 1–6 *in* E.S. Kasischke and B.J. Stocks, editors. Fire, climate change, and carbon cycling in the North American boreal forest. Ecological Studies 138. Springer-Verlag, New York, N.Y.

Kurz, W.A.; Apps M.J.; Stocks, B.J.; Volney, W.J. 1995. Global climate change: disturbance regimes and biospheric feedbacks of temperate and boreal forests. Pages119–133 *in* G. Woodwell, editor. Biotic feedbacks in the global climate system: will the warming speed the warming? Oxford University Press, New York, N.Y

Larocque, I.; Bergeron, Y.; Campbell, I.D.; Bradshaw, R.H.W. 2001. Distribution of *Thuja occidentalis* in the southern Canadian boreal forest: long-term effect of local fire disturbance. J. Veg. Sci. (sous presse)

McAlpine, R.S.; Hirsch, K.G. 1999. An overview of LEOPARDS: the level of protection analysis system. For. Chron. 75(4):615–621.

Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Sous la direction de Marcel Côté. 2000. Dictionnaire de la foresterie = Dictionary of Forestry. Presses de l'Université Laval, Québec, xxix-476 p.

Partners in Protection. 1999. FireSmart: protecting your community from wildfire. Partners in Protection, Edmonton, Ata.

Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 1999. Les changements climatiques et la forêt : contexte du Programme scientifique du Service canadien des forêts. Ottawa. 14 p.

Thwaites, R.G. Editor. 1836–190. The Jesuit Relations and Allied Documents. Burrows Bros., Cleveland, Ohio. 73 vols.